ภาษาเครื่องสำหรับภาษาสูง ตอน 1

บุญเลิศ เสียมทัศนา

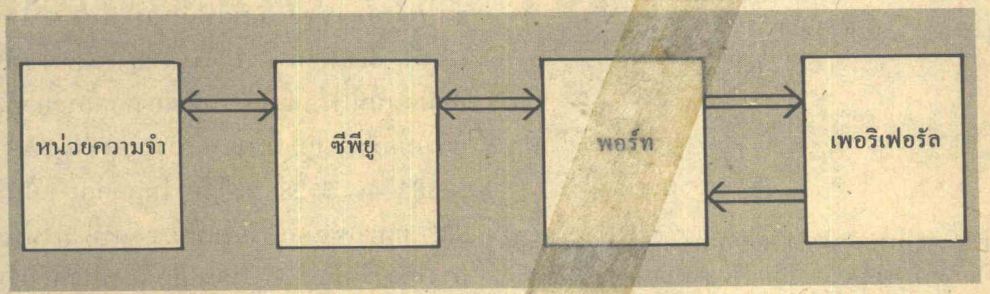
การเขียนโปรแกรมในภาษาสูง บางครั้งจำเป็นต้องสร้างโปรแกรมย่อยในภาษาเครื่องขึ้นมาใช้งาน อาจเป็นเพราะไม่สามารถเขียนโปรแกรมย่อยที่ต้องการในภาษาสูงนั้นได้ หรือเขียนได้แต่ต้องใช้เวลาในการปฏิบัติ (รัน) นานมากจนยอมรับไม่ได้ ความจำเป็นที่ต้องรู้ภาษาเครื่องจึงมีอยู่ โดยเฉพาะบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

อีกประเด็นหนึ่ง การศึกษาเพื่อเขียนโปรแกรมไม่ว่าในระดับใด ในปัจจุบันนิยมและผมก็เห็นด้วยที่ให้ศึกษาภาษาสูงที่เป็นโครงสร้างเช่นปาสคาลเสียก่อน แต่ก็เป็นปัญหาวัวพันหลักคือ ผู้ที่รู้ภาษาเครื่องมาก่อนมักจะทำความเข้าใจกับภาษาปาสคาลหรือซีได้เร็วกว่า ผมจึงเห็นว่าน่าจะหยิบเรื่องหลัก ๆ ของการเขียนโปรแกรมภาษาเครื่องมากล่าวถึง เพียงเพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมภาษาเครื่องง่าย ๆ ได้ และเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในภาษาสูง เช่น ในเรื่องค่าคงตัว ตัวแปร การผ่านค่า พอยน์เตอร์ในภาษาซี การจัดหน่วยความจำ และอื่น ๆ

ในการเขียนบทความชุดนี้ ผมตั้งใจจะให้ใช้ได้กับเครื่องทุกเครื่อง แต่เป็นไปไม่ได้ที่ผมจะยกตัวอย่างให้ทดลองโดยไม่อิงถึงซีพียูเบอร์หนึ่งเบอร์ใดโดยตลอด ในตอนต้นของบทความชุดนี้ ผมจึงจะกล่าวถึงซีพียูสมมติขนาด 8 บิทเพื่อให้เข้าใจง่าย ตอนต่อ ๆ ไปจะอ้างถึง 8088 และถ้าจะต้องไปเกี่ยวพันกับทางฮาร์ดแวร์ของเครื่อง จะหมายถึงไอบีเอ็ม พีซี ทั้งนี้เพราะผมกำลังจะนำเรื่อง "ลึกลงไปในไอบีเอ็ม พีซี" มากล่าวถึงเป็นอันดับต่อไป

คอมพิวเตอร์

ผู้ที่เขียนโปรแกรมภาษาเครื่องส่วนมากมักจะมองคอมพิวเตอร์ในแง่ที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ท (port) ดังแสดงในรูปที่ 1 พอร์ททำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์รอบข้าง เช่น คีย์บอร์ด จอภาพ เครื่องพิมพ์ โมเด็ม ฯลฯ จึงมีชื่อเรียกว่า Pheripheral Interface หรือ Pheripheral Adapter แต่มักจะนิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่าพอร์ท ซึ่งสำหรับเรื่องพอร์ทจะเกี่ยวพันกับทางฮาร์ดแวร์ จึงขอพักไว้ก่อนและจะนำไปกล่าวในบทความชุดต่อไปดังกล่าวแล้ว



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในระบบคอมพิวเตอร์

สำหรับหน่วยความจำ มีหน้าที่เก็บคำสั่งและข้อมูล ขนาดของหน่วยความจำขึ้นอยู่กับความสามารถของซีพียูในการอ้างแอดเดรส เช่น ในซีพียูขนาด 8 บิท(คือมีขาดาต้า 8 ขา) หากมีขาแอดเดรส 1 ขา ก็จะอ้างแอดเดรสได้ 2 ตำบลที่ คือ 2 ไบท์ ได้แก่ ไบท์ที่ 0 กับไบท์ที่ 1 ถ้ามีขาแอดเดรส 2 ขา ก็จะอ้างแอดเดรสได้ 4 ไบท์ คือไบท์ที่ 00, 01, 10 และ 11 ในเลขฐานสอง หรือคือ 0, 1, 2 และ 3 ในเลขฐานสิบตามลำดับ

ถ้าซีพียูมีขาแอดเดรส 10 ขา ก็จะอ้างแอดเดรสได้ 2^{10} = 1024 ตำบลที่ แต่นิยมเรียกเป็น 1 KB มากกว่า (K หมายถึง กิโล) สำหรับซีพียูขนาด 8 บิทที่ผมจะยกมาเป็นตัวอย่างในตอนแรกนี้ ส่วนมากจะมีขาแอดเดรส 16 ขา จึงอ้างแอดเดรสได้ 10^{16} = 64 KB หมายถึงว่า เราจะจัดหน่วยความจำได้สูงสุดเพียงเท่านี้ แต่จะจัดเท่าไรขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งเรื่องนี้เพียงแต่ให้รับทราบไม่จำเป็นต้องสนใจมากนัก เรื่องที่จำเป็นจะต้องสนใจคือ แบบของการอ้างแอดเดรส หมายถึงว่าเราจะอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำแต่ละตำบลที่ในโปรแกรมได้อย่างไร ดังจะกล่าวต่อไป

ซีพียูในไมโครคอมพิวเตอร์มีชื่อเรียกเฉพาะว่าไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocesser) มองภายนอกจะเหมือนไอซีธรรมดาตัวหนึ่ง แต่ภายในจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สลับซับซ้อนหลายอย่าง ซึ่งในขั้นต้นนี้ เรื่องที่เกี่ยวกับซีพียูขอให้สนใจในเรื่อง รีจิสเตอร์ ชุดคำสั่ง กับแบบของการอ้างแอดเดรส ก็เพียงพอ

เลขฐานสิบหก

การเขียนโปรแกรมภาษาเครื่อง แต่ก่อนมีความจำเป็นจะต้องรู้เรื่องเลขฐานสองและฐานสิบหก ในปัจจุบันความจำเป็นนี้ดูจะลดลง แต่ถึงอย่างไรก็ควรจะทราบไว้บ้าง และในบทความนี้จะใช้เลขฐานสิบหกเป็นหลัก จึงขอนำมากล่าวเท่าที่จำเป็น

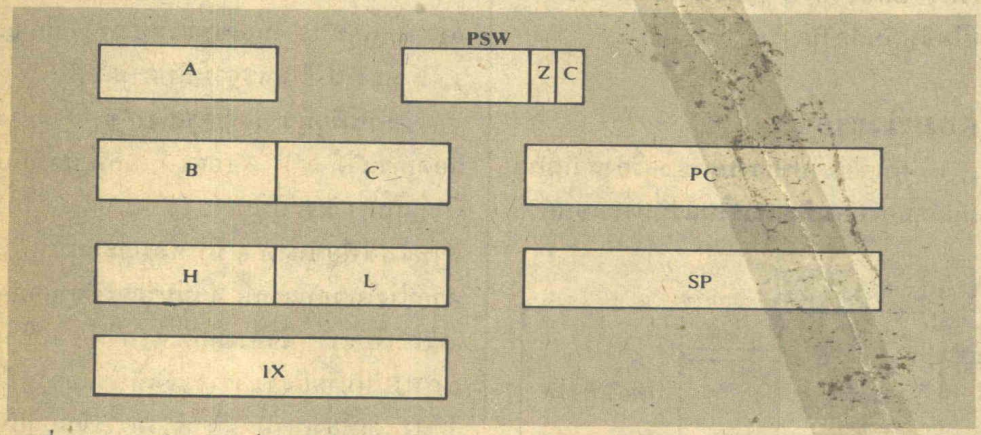
ในเลขฐานสิบเรามีตัวเลข 10 ตัว คือ 0 ถึง 9 เช่นกันในเลขฐานสิบหกก็จะมีตัวเลขอยู่ 16 ตัว คือ 0 ถึง 9 ต่อด้วย A ถึง F โดย A มีค่าเป็น 10 ในเลขฐานสิบและ F มีค่าเป็น 15 ในเลขฐานสิบ การเขียนตัวเลขฐานสิบหกนิยมเขียนเป็น 2 แบบ คือขึ้นต้นด้วย $ หรือลงท้ายด้วย H เช่น $3E หรือ 3EH แต่ที่ลงท้ายด้วย H หากเลขตัวแรกเป็นเลขอักษรให้ขึ้นต้นด้วยศูนย์ เช่น $A6 เขียนเป็น 0A6H

ถึงแม้จะเป็นซีพียูจำลองก็ต้องกำหนดให้เหมือนของจริง ซึ่งความจริงผมเพียงแต่จับของเบอร์ต่าง ๆ มาผสมกัน คุณที่เคยผ่านภาษาเครื่องมาคงทราบดี แต่เรื่องทั้ง 3 เรื่องนี้ คือ รีจิสเตอร์ ชุดคำสั่ง และการอ้างแอดเดรส เป็นเรื่องที่พัวพันกันอยู่ คงจะต้องอ่านวนไปมา ผมจึงจะพยายามเขียนให้สั้น

รีจิสเตอร์

รีจิสเตอร์คือหน่วยความจำซึ่งอยู่ในซีพียู ถ้าเป็นซีพียูขนาด 8 บิท รีจิสเตอร์จะมีขนาด 8 บิทด้วย แต่ก็มีซีพียูจำนวนหนึ่งที่จัดให้มีรีจิสเตอร์ขนาด 2 เท่า เช่นซีพียู 8 บิท มีรีจิสเตอร์ 16 บิท ซีพียู 16 บิทมีรีจิสเตอร์ 32 บิท เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ซีพียูของตน ซีพียูจำลองก็เช่นกันดังแสดงในรูปที่ 2

รีจิสเตอร์ตัวสำคัญคือ แอคคิวมูเลเตอร์ (accumulater) ตามรูปที่ 2 คือรีจิสเตอร์ A



รูปที่ 2 แสดงรีจิสเตอร์ในซีพียูจำลอง

A, B, C, H และ L เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ซึ่งสามารถนำมาต่อกันเป็น BC และ HL ทำให้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท IX, PC และ SP เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท PSW เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท สำหรับเก็บแฟล็กแต่กำหนดให้ใช้เป็นแฟล็กเพียง 2 บิทเท่านั้นคือ แฟล็ก C และแฟล็ก Z ที่เหลืออีก 6 บิท ไม่ได้ใช้งาน

ซีพียูจำลอง

ดังที่กล่าวแล้วว่าในตอนนี้ผมจะสมมติซีพียูขึ้นมาเบอร์หนึ่ง เพื่อใช้เป็นตุ๊กตาในการเขียนโปรแกรมภาษาเครื่อง การที่ผมไม่ใช้ซีพียูที่มีจริงก็เพื่อลดขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม และเพื่อแสดงให้เห็นว่าในการเขียนโปรแกรมย่อยภาษาเครื่องเพื่อใช้ในภาษาสูงนั้น เรารู้เรื่องของซีพียูตามที่จะกล่าวต่อไปนี้ก็เพียงพอ

โดยทั่วไปแอคคิวฯจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลเพื่อเป็นตัวตั้ง ในการดำเนินกรรมวิธีทางคณิตศาสตร์และคณิตศาสตร์ของบูลลีน เสร็จแล้วจะได้ผลในแอคคิวฯ เช่น จะบวกค่า 05H กับ 10H จะต้องให้ค่า 05H กับแอคคิวฯก่อนแล้วจึงบวกค่า 10H กับแอคคิวฯ ได้เป็น 15H ในแอคคิวฯ ซึ่งจะต้องนำไปดำเนินการต่อหรือเก็บในหน่วยความจำเพื่อรอดำเนินการต่อไป

ส่วนรีจิสเตอร์นอกนั้นแยกเป็น 2 ความคิด ของอินเทลจะใช้รีจิสเตอร์เป็นที่พักข้อมูลชั่วคราว เป็นตัวชี้ข้อมูล และเป็นตัวนับ ส่วนของโมโตโรล่าใช้เป็นอินเด็กซ์ร่วมกับค่าฐาน ซึ่งของซีพียูจำลองตามรูปที่ 2 เป็นแบบผสม ยังมีรีจิสเตอร์อีกกลุ่มหนึ่ง เช่น PC (Program Counter) เป็นตัวชี้แอดเดรสของคำสั่งที่จะปฏิบัติ ซึ่งในการเขียนโปรแกรมย่อยเพื่อใช้กับภาษาสูงยังไม่ต้องสนใจมากนัก และ SP (Stack Pointer) เป็นตัวชี้ชั้นบนสุดของสแต็ค ซึ่งจะนำไปกล่าวในเรื่องสแต็ค

แฟล็ก

แฟล็ก(flag) หมายถึงรีจิสเตอร์ 1 บิท เพื่อเก็บสถานะ 1 และ 0 ซึ่งสถานะนี้จะนำไปตีความดังจะกล่าวต่อไป ในซีพียูจะมีแฟล็กอยู่หลายตัวรวมอยู่ในรีจิสเตอร์ตัวหนึ่ง เช่น รีจิสเตอร์ F ในรูปที่ 2 และเรียกรีจิสเตอร์ตัวนี้ว่า PSW (Program Status Word) แต่นิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่า Flags พอมาถึงเมืองไทยกลายเป็น แฟล็ก ทำให้ผู้เริ่มศึกษางุนงงพอสมควร

ผมจึงได้แยกมาเขียนต่างหาก สำหรับซีพียูจำลองของผมมีแฟล็กอยู่เพียง 2 ตัวเท่านั้น คือแฟล็ก C (Carry flag) ซึ่งจะเซทคือมีค่าเป็น 1 เมื่อมีการทดเนื่องจากการบวก และเมื่อมีการยืมเนื่องจากการลบ เช่น $A3 +$85 = $128 จะได้ค่าในแอคคิวฯเป็น $28 และแฟล็ก C มีค่าเป็น 1 ถ้าหากไม่มีการทดหรือยืมจะทำให้แฟล็ก C เป็นเคลียร์คือมีค่าเป็น 0 ส่วนอีกแฟล็กคือ แฟล็ก Z (Zero flag) ถ้าผลของการดำเนินกรรมวิธีทำให้ค่าในแอคคิวฯเป็น $00 จะทำให้แฟล็ก Z เป็น 1 นอกนั้นเป็น 0 หากคุณสงสัยว่าทำไมถึงกลับกัน ก็เพราะมันชื่อ Zero flag และผมถือว่า 1 หมายถึงเป็นจริง 0 เป็นเท็จ

แฟล็กเป็นเรื่องสำคัญมากเพราะเราจะนำไปเป็นเงื่อนไขในการกระโดด ดังจะเห็นในโปรแกรมตัวอย่าง ดังนั้นในการศึกษาซีพียูเบอร์หนึ่ง ๆ เพื่อการเขียนโปรแกรมจะต้องศึกษาว่ามีแฟล็กใดบ้าง และมีคำสั่งใดบ้างที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะใน

แฟล็กใด สุดท้ายคือมีคำสั่งกระโดดตามเงื่อนไขในแฟล็กใดบ้าง

สแต็ค

ความจริงแล้วสแต็คเป็นหน่วยความจำหน่วยหนึ่ง แต่ที่นำมาไว้ในเรื่องซีพียูเพราะเป็นพื้นที่ใช้งานของซีพียู ผู้ออกแบบซีพียูส่วนมากจะให้ผู้ใช้คือผู้เขียนโปรแกรมเป็นผู้กำหนดว่า จะให้สแต็คอยู่ที่แอดเดรสใดถึงแอดเดรสใด การกำหนดว่าให้สแต็คเริ่มที่แอดเดรสใดทำโดยให้ค่าแอดเดรสนั้นแก่ SP

ซีพียูจะทำงานกับสแต็คในแบบ FILO (first in last out) เช่นเดียวกับที่เราวางหนังสือซ้อนกัน เมื่อหยิบออกเล่มที่วางเป็นเล่มหลังสุดจะถูกหยิบออกก่อน ส่วนเล่มที่วางเป็นเล่มแรกจะถูกหยิบออกหลังสุด การทำงานของซีพียูกับหน่วยความจำที่เป็นสแต็คมีลักษณะเช่นเดียวกันกับที่กล่าวมานี้ จึงเรียกหน่วยความจำนี้ว่า สแต็ค(ชั้นที่วางของ)

การใช้สแต็คของซีพียูส่วนมากจะทำอยู่ 2 ลักษณะคือ โดยอัตโนมัติและโดยคำสั่งตรง โดยอัตโนมัติคือเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์หรือเมื่อปฏิบัติตามคำสั่งเรียกใช้โปรแกรมย่อย เช่น CALL ซึ่งผมจะขอกล่าวเฉพาะเมื่อเรียกใช้โปรแกรมย่อย ซีพียูจะเก็บ คือ push ค่า PC และรีจิสเตอร์อื่น ซึ่งเป็นเรื่องของซีพียูแต่ละเบอร์ลงสแต็ค แล้วกระโดดไปยังแอดเดรสต้นของโปรแกรมย่อยนั้น

ท้ายของโปรแกรมย่อยเราต้องให้คำสั่งส่งกลับ เช่น RET (อ่านว่า return) ซึ่งซีพียูจะถอน คือ pop ค่าในสแต็คคืนให้แก่ PC (และรีจิสเตอร์อื่น ๆ) ทำให้ซีพียูกลับไปทำงานที่คำสั่งต่อจากคำสั่ง CALL ถ้าไม่เข้าใจก็ไม่เป็นไรครับขอให้รับทราบไว้ก็เพียงพอ และที่ผมไม่นำเรื่องของอินเตอร์รัพท์มากล่าว เพราะจะไปเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์

อีกลักษณะหนึ่งคือโดยคำสั่งตรง เช่น คำสั่ง PUSH และ POP ค่าในรีจิสเตอร์ จุดประสงค์แรกคือ เพื่อเก็บค่าในรีจิสเตอร์เพื่อนำรีจิสเตอร์ไปใช้งานอื่นก่อน อีกจุดประสงค์หนึ่งคือเพื่อการผ่านค่าไปให้แก่โปรแกรมย่อย ดังจะแสดงในโปรแกรมตัวอย่าง

ชุดคำสั่ง

คำสั่งที่เรียกว่า นิวมอนิกส์ (Newmonics) คือคำสั่งที่เป็นคำย่อ ซึ่งของซีพียู 2 ตระกูลใหญ่คือ อินเทลกับโมโตโรลามีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดคือ ของโมโตโรลามีลักษณะเป็น

```
LDA srce
STA dstn
```

ซึ่งอ่านว่า โหลดเอ และ สโตร์เอ ตาม ลำดับ คำสั่งแรกหมายถึงให้นำค่าจาก srce คือต้นทาง(source) ไปให้แก่แอคคิวฯ คำสั่งหลังหมายถึงให้นำค่าในแอคคิวฯ A ไปให้แก่ปลายทาง(destination) ทั้ง srce และ dstn เป็นหน่วยความจำซึ่งต้องขึ้นกับแบบของการอ้างแอดเดรส

ถ้าเป็นของอินเทลจะมีลักษณะดังแสดงข้างล่างนี้ ซึ่งอ่านว่า มูฟ หมายถึง ให้นำค่าจาก srce คือต้นทางไปให้แก่ dstn คือปลายทาง ซึ่งทั้ง srce และ dstn จะเป็นรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำก็ได้ แต่ยังไม่มีคำสั่งใดที่เป็นหน่วยความจำทั้งคู่ และถ้าเป็นหน่วยความจำจะขึ้นกับแบบของการอ้างแอดเดรสเช่นกัน

```
MOV dstn, srce
```

ผมแสดงนิวมอนิกส์ให้ดูเพื่อจะกล่าวถึงชุดคำสั่งต่อไป คือในซีพียูแต่ละเบอร์จะมีคำสั่งดังกล่าวนี้จำนวนหนึ่งเรียกว่าชุดคำสั่ง ผมไม่เคยทำสถิติว่าคำสั่งในชุดคำสั่งของแต่ละเบอร์มีเท่าไร แต่อาจกล่าวได้ว่าประมาณ 50 คำสั่งขึ้นไป แต่ชุดคำสั่งที่สมบูรณ์ส่วนมากจะทำเป็นตารางชุดคำสั่ง ประกอบด้วยนิวมอนิกส์และออปโค้ด (OP code : operation code) ซึ่งบางแห่งเรียกว่าแมชีนโค้ด (machine code) ดังแสดงของซีพียูจำลองเป็นตัวอย่างในรูปที่ 3 และออปโค้ดนี้คือ คำสั่งเครื่องที่แท้จริง หรือคือที่ซีพียูรู้จัก คำสั่งที่เป็นนิวมอนิกส์ก็ดี หรือที่เป็นคำสั่งในภาษาสูงต่าง ๆ ซีพียูไม่รู้จัก กำหนดขึ้นมาเพื่อความสะดวกของมนุษย์เท่านั้น

OP code	Mnemonics	Addressing mode
3E pp	MOV addr,data8	direct,immediate
BE pp qq	MOV addr,data16	direct,immediate
2C pp qq	MOV A,addr	reg,direct
AC pp qq	MOV addr,A	direct,reg
3C pp qq	MOV HL,addr	reg,direct
BC pp qq	MOV addr,HL	direct,reg
EE 2C pp qq	MOV A,(addr)	reg,indirect
EE AC pp qq	MOV (addr),A	indirect,reg
1F pp qq	SUB HL,data16	reg,immediate
2F pp qq	INC addr8	direct
AF pp qq	INC addr16	direct
3F pp	CMP addr,data8	direct,immediate
BF pp qq	CMP addr,data16	direct,immediate
75 ee	BCS disp	relative
CD pp qq	CALL addr	direct
F3	PUSH HL	register

รูปที่ 3 ชุดคำสั่งของซีพียูจำลอง เฉพาะที่จะใช้ในโปรแกรม

pp และ qq เป็นเลขฐานสิบหก 2 หลัก เช่น $CO เขียนเป็น CO หากเป็น 4 หลักให้เขียนสลับไบท์เช่น $CO25 เขียนเป็น 25 CO

ee เป็นเลขฐานสิบหก 2 หลักที่คิดเครื่องหมาย

แบบของการอ้างแอดเดรส

ในการที่เราจะอ้างถึงหรือบ่งว่าให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำ ณ ตำบลที่ใดหรือก็คือไบท์ใดนั้น ซีพียูแต่ละเบอร์จะมีแบบของการอ้างแอดเดรส (Addressing Mode) ไว้ให้เราเลือกใช้ แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าทุกคำสั่งจะอ้างแอดเดรสได้ทุกแบบ และซีพียูแต่ละเบอร์จะมีแบบของการอ้างแอดเดรสต่างกัน

ที่ผมจะกล่าวต่อไปนี้เป็นแบบการอ้างแอดเดรสของซีพียูจำลอง ซึ่งไม่ได้นำมาจากเบอร์ใดเบอร์หนึ่งโดยเฉพาะ แต่นำมาจาก

หลาย ๆ เบอร์เพื่อให้เห็นแบบของการอ้างแอดเดรสแบบหลัก ๆ หลาย ๆ แบบคือ

1. Immediate เป็นการอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำที่อยู่ต่อท้ายคำสั่งนั้นเอง เช่น MOV A, #$25 หรือ MOV HL, #$8540 หมายถึงเป็นการให้ค่า $25 แก่ A และ $8540 แก่ HL

2. Direct เป็นการอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำโดยตรง โดยให้ค่าแอดเดรสไว้ต่อท้ายคำสั่ง เช่น MOV A, $2000 หมายถึงให้ไปนำค่าในหน่วยความจำที่แอดเดรส $2000 มาให้แก่ A

3. Indirect เป็นการอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำหน่วยหนึ่ง โดยอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำอีกหน่วยหนึ่ง ซึ่งเก็บแอดเดรสถึงหน่วยความจำที่ต้องการ เช่น MOV A, ($2000) ซีพียูจะต้องไปอ่านค่าที่แอดเดรส $2000 กับ $2001 ว่าเก็บค่าใดไว้ และค่านี้คือแอดเดรสถึงหน่วยความจำที่ต้องการ (แอดเดรสจะเป็น 2 ไบท์ สำหรับเครื่อง 8 บิท)

**โปรดสังเกตว่า ในการเขียนนิวมอนิกส์ทั้ง 3 แบบนี้ เราเขียนต่างกันและเมื่อแปลงเป็นออปโค้ด เช่นในเรื่องของ MOV A, srce ก็จะแตกต่างกันด้วย*

4. Register Indirect เป็นการอ้างแอดเดรสถึงหน่วยความจำผ่านรีจิสเตอร์ คือต้องให้ค่าแอดเดรสแก่รีจิสเตอร์ก่อน เช่น MOV HL, #$2000 แล้วอ้างแอดเดรสผ่านรีจิสเตอร์นี้ เช่น MOV A,(HL) จะเป็นการนำค่าในแอดเดรส $2000 มาให้แก่ A

**เพื่อความเข้าใจเพิ่ม สมมติว่าเราตั้งชื่อหน่วยความจำที่แอดเดรส $2000 กับ $2001 ว่า PNTR (การตั้งชื่อให้หน่วยความจำเป็นเรื่องที่นิยมปฏิบัติกันในการเขียนโปรแกรมภาษาเครื่อง) เราจะอ้างแอดเดรสได้ดังนี้*

```
MOV HL, =PNTR ; immediate
MOV A, (HL)   ; register indirect
MOV A, (PNTR) ; indirect
```

เครื่องหมาย ; หมายความว่าข้อความหลังเครื่องหมายนี้เป็นหมายเหตุซึ่งใช้กันมากในภาษาเครื่อง หากคุณสงสัยว่ามี indirect แล้วทำไมจึงต้องมี register indirect ก็เพราะผมจับมารวมกัน ซีพียูที่ผมรู้จักจะมีเพียงแบบใดแบบหนึ่งใน 2 แบบนี้เท่านั้น

5. Base Indexed Indirect คล้ายกับ Indirect แต่ให้นำค่าที่ได้จาก Indirect มาเป็นฐาน คือมาบวกกับค่าในอินเด็กซ์รีจิสเตอร์ เช่น IX เป็นแอดเดรสถึงหน่วยความจำที่ต้องการ เช่น MOV A,(PNTR)+IX

6. Relative เป็นการอ้างแอดเดรสสัมพันธ์กับ PC โดยต้องให้ค่าสัมพันธ์เป็นเลขเครื่องหมาย 8 บิท เพื่อนำไปบวกกับค่าใน PC ในแบบพีชคณิต

แบบของการอ้างแอดเดรสที่ผมนำมากล่าวนี้เป็นเพียงหลัก ๆ แบบของการอ้างแอดเดรสของซีพียูจริงจะแตกย่อยออกไปอีก และไม่เหมือนกันในแต่ละเบอร์ นอกจากนี้ยังอาจเรียกชื่อไม่ตรงกับที่กล่าวมา เช่น ซีพียูที่ไม่มี Indirect อาจเรียก Register Indirect ว่าเป็น Indirect สำหรับชื่อที่ผมกล่าวถึงนี้หากเรียกเต็ม ๆ เช่น Immediate ต้องเรียกเป็น Immediate Addressing Mode

ก่อนจบตอน

เท่าที่กล่าวมานี้ก็เพื่อให้ทราบถึงเรื่องราวของภาษาเครื่องอย่างกว้าง ๆ และเป็นแนวทางในการทำความเข้าใจซีพียูแต่ละเบอร์ ซึ่งผมเห็นว่าการศึกษาซีพียูเพียงเพื่อเขียนโปรแกรมย่อยให้แก่ภาษาสูงนั้น การศึกษาในเรื่องที่ผมกล่าวมานี้น่าจะเพียงพอ และควรศึกษาตามลำดับดังนี้

– ได้จัดรีจิสเตอร์ไว้อย่างไร แต่ละตัวมีหน้าที่พิเศษอะไรบ้าง รีจิสเตอร์ที่เก็บแฟล็กมีแฟล็กอะไรบ้าง

– แบบของการอ้างแอดเดรสได้กำหนดไว้อย่างไรบ้าง

– ในเรื่องของชุดคำสั่ง ในชั้นแรกนี้ให้สนใจเฉพาะคำสั่งในเรื่อง การเคลื่อนย้ายข้อมูล การคำนวณ การกระโดดและการเรียกโปรแกรมย่อย ซึ่งถ้ามีตารางชุดคำสั่งที่แบ่งหมวดหมู่ของคำสั่งไว้จะช่วยได้มาก จึงให้ดูที่ตารางนี้ก่อน การศึกษาแต่ละคำสั่งให้ศึกษาว่า ใช้กับแบบของการอ้างแอดเดรสใดได้บ้าง เมื่อปฏิบัติตามคำสั่งนี้แล้วจะเกิดผลอะไรขึ้น และมีผลกระทบต่อแฟล็กอะไรบ้างอย่างไร (ควรสนใจเฉพาะแฟล็ก C กับแฟล็ก Z ก่อน)

ขอให้ทดลองศึกษาของซีพียูในเครื่องของคุณก่อน ในตอนหน้าเมื่อผมกล่าวถึงการเขียนโปรแกรมภาษาเครื่องคงจะเข้าใจชัดเจนขึ้นครับ ถ้าคุณเห็นว่ามันยากก็ขอเรียนให้ทราบว่าเป็นเพราะมันใหม่ต่อคุณ เมื่อคุ้นเคยและไม่พยายามจะสงสัยในเรื่องที่ลึกซึ้งก็จะเป็นเรื่องง่าย ได้แสดงรายชื่อหนังสือที่จะใช้ซึ่งก็เป็นแต่เพียงคำแนะนำเท่านั้น ไว้ท้ายบทความนี้ด้วย

หนังสือ

หนังสือสำหรับซีพียูในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันมากในบ้านเราได้แก่ Z-80, 6502, 8085 และ 8088 คือ

1. An Introduction to Microcomputer Volume 2 Some Real Microprocessor ของ osboene เป็นหนังสือรวมซีพียูหลายเบอร์รวมทั้ง 4 เบอร์ที่กล่าวด้วย หนังสือเล่มนี้ถึงแม้จะหนักทางด้านฮาร์ดแวร์ แต่ก็กล่าวถึงเรื่องราวที่ต้องการทั้งหมด

2. หนังสือในชุดของ Lance A. Leventhal เช่น 8085 Assembly Language Programming กล่าวถึงชุดคำสั่งและการใช้คำสั่งแต่ละคำสั่งอย่างละเอียด มีโปรแกรมของโครงงานตัวอย่างหลายโครงงาน และมีที่ตั้งชื่อเป็น 6502 Assembly Language Subroutines สำหรับของ Z80 ผมไม่แน่ใจว่ามีหรือไม่

3. หนังสือของ Z-80 มีอยู่มาก ให้เลือกเล่มที่ถูกใจเพียงเล่มเดียวก็พอ ที่ขอแนะนำคือ Z-80 Users Manual โดย Joseph J. carr ซึ่งเขียนในเรื่องที่ต้องการโดยตรง แต่ไม่มีตัวอย่างอยู่เลย

4. The 8086 Book (include the 8088) โดย Russell Rector and George Alesey กล่าวถึงชุดคำสั่งโดยละเอียดและมีเรื่องทางฮาร์ดแวร์ด้วย

5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาแอสเซมบลี 8086/8088 โดย ยืน ภู่วรวรรณ และสุรศักดิ์ สงวนพงษ์ กล่าวถึงชุดคำสั่งตลอดจนการใช้แอสเซมเบอร์และการดีบัก มีตัวอย่างประกอบ

6. วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ได้ลงบทความ "แฟ้ม CPU" กล่าวถึงซีพียูเบอร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ฉบับที่ 66 ดังนี้ เบอร์ 8085 ฉบับที่ 66, เบอร์ 6502 ฉบับที่ 67, เบอร์ 6809 ฉบับที่ 68, เบอร์ 8086/8088 ฉบับที่ 70 และมีเรื่องของ Z80 ตั้งแต่ฉบับที่ 65 ถึง 67